

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-291361

(43)Date of publication of application : 20.12.1991

(51)Int.Cl.

C22C 38/00
B22F 3/24
C22C 33/02
C22C 33/02
C22C 38/16
F16H 53/02

(21)Application number : 02-403737

(71)Applicant : ETAB SUPERVIS

(22)Date of filing : 19.12.1990

(72)Inventor : LEITHNER KARL

(30)Priority

Priority number : 89 3942091

Priority date : 20.12.1989

Priority country : DE

(54) COMPACTED PARTS MADE OF SINTERED ALLOY PRODUCED BY POWDER METALLURGY, PARTICULARLY, CAM AND PRODUCTION THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce compacted parts improved in urgency as for wear by producing compacted parts made of a steel having a specified compsn. in which the contents of Mo and Cu are regulated by a powder metallurgical method.

CONSTITUTION: Sintering powder contg., by weight, 0.5 to 16% MO, 1 to 20% Cu and 0.1 to 1.5% C, contg., if necessary, Cr, Mn, Si and Ni by $\leq 5\%$ in total, and the balance Fe is pressed, and a cam stock having ≥ 7 g/cm³ fundamental density is compacted. This compacted stock is sintered at $\leq 1,150^\circ$ C for 10 to 60min and is thereafter subjected to refining. In this way, the cam of an internal combustion engine in which the melting of Cu into the base material is checked by Mo, Cu freed into porous holes effectively exerts lubricating action and improved in the characteristics of urgency as for wear can be produced.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-291361

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)12月20日

C 22 C 38/00

3 0 4

7047-4K

B 22 F 3/24

B

7511-4K

C 22 C 33/02

B

7619-4K

1 0 3

C

7619-4K

38/16

F 16 H 53/02

B

8012-3J

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全17頁)

⑮ 発明の名称 粉末冶金で製造する焼結合金製の成形部品、特にカムおよびその製造方法

⑯ 特 願 平2-403737

⑰ 出 願 平2(1990)12月19日

優先権主張 ⑱ 1989年12月20日 ⑲ 西ドイツ(DE) ⑳ P39 42 091 4

㉑ 発 明 者 カルル・ライトネル オーストリア国、ランクウアイル、ゴーテンウエーク、3

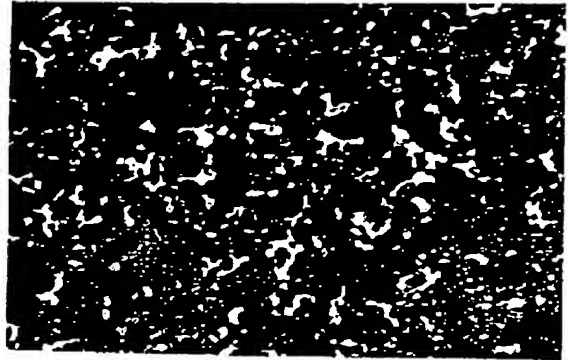
㉒ 出 願 人 エタブリスマン・シュ リヒテンシュタイン国、パードウツ、アルデンバツハスト
ーベルビス ◇◇ ラーセ、17

㉓ 代 理 人 弁理士 江崎 光史 外3名

㉔ 【要約】

【目的】 摩耗に関する緊急特性が改善された成形部品、特に内燃機関のカム、およびこの成形部品を製造する方法と提供することにある。

【構成】 成形部品は粉末冶金で製造する焼結合金によって形成される。この合金は銅を含む硬化母材を有し、0.5～16重量%のモリブデン、1～20重量%の銅、0.1～1.5重量%の炭素および、場合によっては、最大5重量%のクロム、マンガン、珪素およびニッケルの添加物と残りが鉄とで構成されている。



【書類名】 明細書

【発明の名称】 粉末冶金で製造する焼結合金製の成形部品、特にカムおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関の組立式カムシャフトに対する粉末冶金で製造する焼結合金製の成形部品、特にカムにおいて、合金が銅を貯蔵する硬化された母材を有し、0.5 ～ 16 重量%のモリブデン、1 ～ 20 重量%の銅、0.1 ～ 1.5重量%の炭素と、場合によって、総和が最大5重量%のクロム、マンガン、珪素およびニッケルの添加物と、残りの鉄とで構成されていることを特徴とする成形部品。

【請求項2】 特許請求の範囲の請求項1に規定する成形部品、特にカムを製造する方法において、0.5 ～ 16 重量%のモリブデン、1 ～ 20 重量%の銅、0.1 ～ 1.5重量%の炭素と、場合によって、総和が最大5重量%のクロム、マンガン、珪素およびニッケルの添加物と、残りの鉄とから成る焼結粉末をプレスして、基本密度 7 g/cm^3 以上のカム素材にし、 1150°C 以下の温度で 10 ～ 60 分の焼結時間の間焼結し、次いで調質することを特徴とする製造方法。

【請求項3】 予め合金にした鉄・モリブデン粉末を使用する請求項2に記載の製造方法。

【請求項4】 予め合金にした鉄・モリブデン粉末に銅を混合添加させている請求項3に記載の製造方法。

【請求項5】 合金化または混合合金化した鉄・モリブデン粉末を焼結で固化し、均質にし、次いで銅を加工素材の組織の開口した孔に含浸させて導入している請求項2または3に記載の製造方法。

【請求項6】 焼結及び／又は硬化期間中、グラファイトを焼結粉末に添加して、あるいは炭化雰囲気中で全部または部分的に炭素を導入する請求項2～5のいずれか1項の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

この発明は、一式にして組み立てられる内燃機関のカムシャフトに対して粉末冶金で製造される焼結合金製の成形部品、特にカムに関する。更に、この発明は前記カムを製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

内燃機関のカムシャフトのカムは、非常に厳しい摩擦負荷に曝される。エンジンを駆動する問題を満たすには、カムの全寿命期間にわたって摩擦を数 μm 以下にすべきである。この場合、潤滑の不足した状態で負荷繰返にも耐える必要がある。文献や技術で知られている方法では、適当な材料から粉末冶金的に、あるいは鋳造鉄を急冷して作製される炭素含有量の多い合金を使用している。これによって、研磨による摩耗や付着的な摩耗も限界に維持されている。

【0003】

機械的なこと以外に、カムは熱的な負荷にも曝されている。それ故、カムは長く継続する焼戻しの後でも硬度を維持するように形成する必要がある。この状態は、焼き入れと動作温度以上の温度でのその後の焼戻しによって得られる。潤滑油が不足したり、付着性の摩耗を助長とする動作条件の下でも、カムは抜群の動作特性を有すべきである。

【0004】

数年来、特に組立式の内燃機関のカムシャフトが提唱されて以来 (Kimura T.: Development of Ferrous Sintered Parts in Japan, Modern Developments in Powder Metallurgy, ed. P. U. Gummesson, D. A. Gustafson 21 (1988) 551 - 561, Tanase T., Mayama O., Matsunaga H.: Properties of Wear-Resistant Alloys Having High Volume Fraction of Carbides, Modern Developments in Powder Metallurgy, ed. P. U. Gummesson, D. A. Gustafson 21 (1988) 563 - 573)、カムとその相手の系での摩耗に取り組むことに集中している。この系での摩耗が潤滑油の注油 (Jahanmir S.: Examination of Wear Mechanism in Automotive Camshafts, Wear 108 (1986) 235 - 254) および研磨、あるいは超仕上げによる最終加工 (Isakov A. E. et al: The Optimal Hardness of Camshaft Journals and Cams for Improved Wear-Resistance, Russian Engineering

Journal 54, 7 (1974) 38 - 40, Isakov A. E. et al: Manufacturing Technology Reduces Camshaft Journal and Cams for Improved Wear-Resistance, Russian Engineering Journal 54, 5 (1974) 49 - 51) に敏感に依存していると言う事実の外に、この問題を材料開発に基づき解決しようと研究する多数の文献がある。

【0005】

見込みのある発端には、先ずこの系の摩耗の問題を解析する必要がある。多くの文献 (Jahanmir S.: Examination of Wear Mechanism in Automoutive Camshafts, Wear 108 (1986) 235 - 254, Eyre T. S. Crawley B.: Camshaft and Cam Follower Materials, Tribology International 13, 4 (1980) 147 - 152, Riccio G: The Camshaft, Metallurgical Science and Technology 4, 3 (1986) 96 - 103) では、摩耗の徴候は何よりも摩擦摩耗、ピット形成および腐食であることが示されている。

【0006】

研磨摩耗は、摩擦摩耗の徴候である。この場合、それに応じた微細な研磨材によって狭い溝幅の非常に僅かな彫りがある。このように摩耗したカムはびかびかに研磨されているように見える。その場合、摩耗領域の粗さは通常傷のない (研磨した) 領域より相当小さい。研磨摩耗は油中の石英棒によって3体摩耗としてもたらされる。砂は工業技術で見られる最も汎用される研磨材の一つである。研磨摩耗は油の汚れを排除できる試験条件下でも生じるので、別な機構もあるに違いない。明らかに、研磨摩耗はカーバイドを含まない硬くて粗い相手の部材によっても助長される。

【0007】

ピットの形成は、表面疲労の結果である。運動力学によって予め指定されるカム表面の圧力しきい値応力は局所的な割れ目の広がりに通ずる。この割れ目は表面下を走り、他の割れ目と合体したり、再び表面に現れる。結果はかなり大きな摩耗粒子や表面の小穴の形成となる。油中の添加物が、例えば表面エネルギーを低減させることによって割れ目の広がりを容易にする場合、この添加物が前記の摩耗現象を助長する (Jahanmir S.: Examination of Wear Mechanism in Auto-

motive Camshafts, Wear 108 (1986) 235 - 254)。

【0008】

腐食は付着性の摩耗、つまり表面の相互摩耗の結果である。この腐食はマルテンサイトの基本本体と相手部材を使用したり (Reinke F.: Aufbau ledeburitischer Randschichten durch Umschmelzbehandlung von Nocken und Nockenfolgern, VDI Bericht, Nr. 506 (1984) 67 - 74)、さらさらした油を使用することによって助長される。弁のバネのバネ力を強くした研究も腐食を助長する。さらさらした油を使用した場合、43 対のとき 26 の対が腐食によってだめになったが、重質油を使用した場合、腐食によって1対も壊れなかった (Reinke F.: Aufbau ledeburitischer Randschichten durch Umschmelzbehandlung von Nocken und Nockenfolgern, VDI Bericht, Nr. 506 (1984) 67 - 74)。これには、ピット形成による故障が重質油の場合 17 の対から 35 の対に増加した (Reinke F.: Aufbau ledeburitischer Randschichten durch Umschmelzbehandlung von Nocken und Nockenfolgern, VDI Bericht, Nr. 506 (1984) 67 - 74)。

【0009】

ピットの形成がしばしば生じるにも係わらず、この摩耗現象は試験で他の二つの現象により注意を喚起されていない。ピット形成自体は、カムの機能に基本的に影響を与えない (Eyre T. S. Crawley B.: Camshaft and Cam Follower Materials, Tribology International 13, 4 (1980) 147 - 152)。しかし、このピット形成は接触表面が少なくなるので、表面の圧力が上昇し、そのため、腐食による故障が生じる。これには、より高い負荷を加える短期間試験でピットを形成する傾向が良く認識されている (Riccio G: The Camshaft, Metallurgical Science and Technology 4, 3 (1986) 96 - 103)、他方、研磨摩耗と腐食摩耗の場合の外挿は最大の注意ももってのみ行える (Reinke F.: Aufbau ledeburitischer Randschichten durch Umschmelzbehandlung von Nocken und Nockenfolgern, VDI Bericht, Nr. 506 (1984) 67 - 74. Werner G.D., Ziese J.: Verbesserung der Verschleissbeständigkeit an Nockenwellen durch gezielte Nitrier- und Oxidierbedingungen, VDI-Berichte, Nr/ 506 (1984) 59 - 62)。

ピット形成は、それが僅かな規模で生じる限り、問題にならない。更に、このピット形成は研究技術上容易にシュミレートできる。

【0010】

大抵の文献は、腐食摩耗や研磨摩耗の低減を扱っている。その場合、どの研究もカーバイド成分の多い材料を作製することを狙っている (Tanase T., Mayama O., Matsunaga H.: Properties of Wear-Resistant Alloys Having High Volume Fraction of Carbides, Modern Developments in Powder Metallurgy, ed. P. U. Gummesson, D. A. Gustafson 21 (1988) 563 - 573, Eyre T. S. Crawley B.: Camshaft and Cam Follower Materials, Tribology International 13, 4 (1980) 147 - 152, Reinke F.: Aufbau ledeburitischer Randschichten durch Umschmelzbehandlung von Nocken und Nockenfolgern, VDI Bericht, Nr. 506 (1984) 67 - 74, Werner G.D., Ziese J.: Verbesserung der Verschleissbeständigkeit an Nockenwellen durch gezielte Nitrier- und Oxidierbedingungen, VDI-Berichte, Nr/ 506 (1984) 59 - 62, Arnhold V., Oberacker R., Klausman R.: Sintered Steel With High Carbide Content, Modern Developments in Powder Metallurgy, ed P. U. Gummesson, D. A. Gustafson 21 (1988) 183 - 195, Thummler F., Oberacker R., Klausmann R.: Sintered Steel With High Carbide Content, Modern Developments in Powder Metallurgy, ed. P. U. Gummesson, D. A. Gustafson 20 (1988) 431 - 441, Reinke F. Ortliches Umschmelzen zum Aufbau verschleissfester ledeburitischer Randschichten an Werkstücken aus Gusseisen, insbesondere Nockenwellen und Nockenfolger, AEG-Elotherm, firmeneigener Bericht 2 - 15, Beiss P. Duda D. Wahling R.: Hochverschleissfeste Formteile - Herstellung - Eigenschaften - Anwendungsmöglichkeiten, Kresoge Information)。カーバイドはその硬度が大きいのので相手の部材の侵入深さを低減する。従って、摩耗粒子の大きさと摩耗速度が低下する (Archard J. F.: Contact and Rubbing of Flat Surfaces, Journal of Applied Physics, 24, 8 (1953) 981 - 988)。第二の作用はカーバイドが有する僅かな付着傾向にある。付着摩耗は充分大きい体積成分の場合、カーバイドによって完全に回避される。カムに埋め込んだ固体潤滑材によってカム

の摩耗を低減すると言う開発の始まりは知られていない。

【0011】

焼結合金の場合に潤滑材を埋め込むことは、自己潤滑軸受を製造するため、既に以前から使用されている (Boyer H. E., Gall T. L.: Metals Handbook - Desk Edition, ASM Metals Park, Ohio 1985, 25.10)。例えば、かなり複雑な合金 (Fe-Co-Mo-Ni-Cr-Si-C) に含浸させて入れた鉛を使用する。この合金は内燃機関の弁座に使用する場合、真価を発揮する (Suzuki K., Ikenoue Y., Endoh H., Uchino, M.: New Sintered Valve Seats for Internal Combustion LPG Engines, Modern Developments in Powder Metallurgy, ed. P. U. Gummesson, D. A. Gustafson 21 (1988) 157 - 170)。合金要素として銅に関しては、それが容易に処理できる元素である (銅の酸素電位は鉄の酸素電位より非常に低い) ので、文献には既にいろいろ議論されている。機械特性 (Hamiuddin G., Upadhyaya G. S.: Effect of Copper on Sintered Properties of Phosphorus-Containing Ternary Iron Powder Premixes, PMI 14, 1 (1982) 20 - 24, Lindskog P., Carlsson A.: Sintered Alloys Based on Sponge Iron Powder with Additions of Ferrophosphorus, PMI 4, 1 (1972) 39 - 43) あるいは質量特性 (Dautzenberg N., Dorweiler H. J.: Dimensional Behaviour of Copper-Carbon Sintered Steels, PMI 17, 6 (1985) 279 - 281, Bockstiegel G.: Erscheinungsbild und Ursachen von Volumenänderungen beim Sintern von Presslingen aus Eisen-Kupfer und Eisen-Kupfer-Graphit-Pulvermischungen, Stahl und Eisen 79, 3 (1969) 1187 - 1201) および均質化 (Esper F. J., Friese K. H., Zeller, R.: Sintering Reactions and Radial Compressive Strength of Iron-Tin and Iron-Copper-Tin Powder Compacts, International Journal of Powder Metallurgy 5, 3 (1969) 19 - 31) はしばしば議論されている。通常の鉄鋼業では、銅は赤熱脆性を与える傾向を助長するので、鋼の有害物質として知られている (Wegst W.: Stahlschussel, Verlag Stahlschlüssel Wegst GmbH, Marbach 1989, 4)。しかし、粉末冶金製造では、この不要なケースが成形部品を焼結鍛造で形成しない限り、役に立たない。

【0012】

焼結鉄の摩耗に対する銅の影響は、少なくとも0～2%の銅の混合物の場合、密度の影響よりも相当少ない (Biggiero G., Borruto A., Ercolani D.: Influence of the Addition of Copper on the Wear Resistance of Sintered Ferrous Materials, *Horizons of Powder Metallurgy*, ed. W. A.: Kaysser, W. J. Huppmann (1986) 1289 - 1295)。アムスラー摩耗測定装置 (二つのローラが10%の滑り成分で互いに転がる) で種々の密度の試料が研究されている。

【0013】

雰囲気 (空気、アルゴンあるいは酸素) は摩耗の値に決定的な影響を及ぼす。酸素下での摩耗は空気下での摩耗より係数72ほど大きい。アルゴン下での摩耗は両方の値の間にあるので、これ等の試験では水蒸気の影響がありそうである。焼結条件 (1120 °C) から銅は完全に母材に溶解していると推測される。

【0014】

燐を含む種々の焼結鋼に対して0～4%の範囲で銅を添加する影響も研究されている (Hamiuddin M.: Wear Behaviour of Sintered Phosphorus Containing Ternary Iron Alloy Powder Compacts, *PMI* 17, 1 (1985) 20 - 22)。高い合金変成範囲 (4% Mo, 4% Ni または4% MCM, モリブデン、クロムおよびマンガンの母合金) では、銅の添加がピンと円板の試験で摩耗を低減させている。低い合金変成範囲では、銅を添加しても比較的系統的な影響がない。銅の作用は母材の硬化に依存している。銅の成分が増加すると共に焼結密度が低下するが、硬度は銅の含有量と共に連続的に上昇する。この場合、硬度が高くなるため、銅は母材に完全に溶解していることに由来している。この密度の低下もその証拠である。銅が母材に溶け、元あった場所に孔を残す場合、この銅は焼結の間に密度の低下をもたらす。

【0015】

非常に硬いHSS粒子を有する銅、マンガンあるいはニッケル、ないしはそれ等の組み合わせによる結合相の組み合わせは既に研究されている (Fischmeister H.: Improvements Relating to Tough Material for Tool and/or Wearing Parts, Patent GB2157711A, UK 4. April 1985)。そのように作製された組織は、純粋なHSSより延性があり、摩耗に利用すると良好であることが知られてい

る。

【0016】

他の多くの研究 (Chen L.H., Rigney D.A.: Transfer During Unlubricated Sliding Wear of Selected Metal Systems, Wear of Materials, ed. K. C. Ludema ASME (1985) 437 - 446, Sheasby J.S., Mount G.R., Elder J.E.: Direct Observation of the Wear of Copper, Wear of Materials, ed. Ludema ASME (1985) 545 - 549, Sasada T., Norose S.: The Dependence of Wear Rate on Sliding Velocity and Sliding Distance for Dry Cu/Fe and Ni/Fe, Wear of Materials, ed. Ludema ASME (1985) 432 - 436, Reid J.V., Schey J.A.: Adhesion of Copper Alloys, Wear of Materials, ed. Ludema ASME (1985) 550 - 557) では、銅が基本研究のモデル材料として使用されている。鉄に対する乾燥した摺動の場合、銅の摩耗速度はニッケルの摩耗速度に比べて係数5ほど低いことの発見は注目される (Sasada T., Norose S.: The Dependence of Wear Rate on Sliding Velocity and Sliding Distance for Dry Cu/Fe and Ni/Fe, Wear of Materials, ed. Ludema ASME (1985) 432 - 436)。この結果は、銅・鉄対には付着性が少なく、これに関連して銅の緊急特性が優れていることを示している。

【0017】

モリブデンは、非常に多くの P/M鋼に使用されている。0.5%のモリブデンを頻繁に使用する理由は、確かな純実用的な特性にある。市場にあるベース鉄粉には 0.5%のモリブデンが含まれている。知られている混合物は殆ど稀な場合にしか生じない。4%までの Cu 含有量と 2%と 4%の Mo 含有量の Fe-P-Cu-Mo 合金も同じように研究されている (Hamiuddin G., Upadhyaya G. S.: Effect of Copper on Sintered Properties of Phosphorus-Containing Ternary Iron Powder Premixes, PMI 14, 1 (1982) 20 - 24)。全ての合金元素は基本的に混合されている。2% Mo と 4% Cu の試料には 1200 °C で1時間の焼結で不規則な2相組織がある。炭素は Fe 中の Cu の拡散を減速させるが、完全な溶解を防止している。

【0018】

カムと相手の部材の系の摩耗を制御するため、多くの研究が知られている。これ等は何れも今までカーバイドの多い組織を発生させることに基づいている。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】

上に述べた従来の技術を出発点として、この発明の課題は、一式にして組み立てられる内燃機関のカムシャフトに対して粉末冶金で製造される焼結合金製の成形部品、特にカムの緊急特性を改良することにある。

【0020】

更に、この発明の課題は前記カムを製造するのに相応しい方法を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】

上記の課題は、この発明により、冒頭に述べた成形部品を製造する方法の場合、合金が銅を貯蔵する硬化された母材を有し、0.5 ~ 16 重量%のモリブデン、1 ~ 20 重量%の銅、0.1 ~ 1.5重量%の炭素と、場合によって、総和が最大5重量%のクロム、マンガン、珪素およびニッケルの添加物と、残りの鉄とで構成されていることによって解決されている。

【0022】

これ等の添加物は、合金を二次硬化、加工硬化および完全硬化性に関して応用例に合わせるため入れ換えてもよい。

【0023】

更に、上記の課題は、この発明により、一式にして組み立てられる内燃機関のカムシャフトに対して粉末冶金で製造される焼結合金製の成形部品の場合、0.5 ~ 16 重量%のモリブデン、1 ~ 20 重量%の銅、0.1 ~ 1.5重量%の炭素と、場合によって、総和が最大5重量%のクロム、マンガン、珪素およびニッケルの添加物と、残りの鉄とから成る焼結粉末をプレスして、基本密度 7 g/cm^3 以上のカム素材にし、 1150°C 以下の温度で 10 ~ 60 分の焼結時間の間焼結し、次いで調質することによって解決されている。

【0024】

【実施例】

以下に、この発明を実施例に基づきより詳しく説明する。

【0025】

鉄とモリブデンから成る予め合金にした粉末をベースにして、1.5 重量%のモリブデン、10重量%の銅、0.8 重量%の炭素および残り鉄の粉末混合物を作製した。圧力 1500 MPa でプレスして、 7.2 g/cm^3 の基本密度のカムを作製した。焼結を 1120°C で 30 分間行い、組織を成長させた。次いで 930°C で 60 分間灼熱して調質し、油で急冷し、 150°C で 60 分間焼戻して組織を形成した。この組織は 44.4 HRC (793 HV1)の表面硬度を保有していた。元素の銅からなる組織が7容量%以上生じるにもかかわらず、高い硬度になった。このカムは試験状態では、極度に摩耗に強かった。潤滑油がなく、それ故付着摩擦を助長する条件下でも、このカムは際立った運転特性を保有している。

【0026】

添付した図面は、上に説明した例に従って作製したこの発明によるカムの研磨写真である。図1は倍率 200の拡大図であり、図2は同じ研磨像を更に倍率 500に拡大したものである。

【0027】

この研磨写真から、三つの相が非常に明確に識別できる。即ち、

1. マルテンサイト (灰色)
2. 銅 (白色)
3. 孔 (黒色)

マルテンサイトは非常に均一に形成されている。不均一を見出すことができない。このことは、予測したことに一致している。何故なら、予め合金にした既に均質な粉末が使用されているからである。

【0028】

銅は不規則な斑点になって組織全体にわたり一様に分布している。銅の粒径は $10 \sim 30 \mu\text{m}$ である。孔は良好に丸くなっている。これ等の孔は二色に分布している。第一の大きさの範囲は、鋼の場合通常観察される値は $5 \mu\text{m}$ であり、第二の大きさの範囲は $50 \mu\text{m}$ である。大きな孔の場合には、銅の溶解によって生

じる二次孔が問題になる。

【0029】

マイクロ硬度測定によって、個々の相を判定した。明るい領域では、50 HV0.01のマイクロ硬度であった。この相は以上に緻密に分布しているので、押し込み頂部は殆どその領域程度の大きさで、正確なマイクロ硬度を得ることが不可能であった。純粋な銅の硬度は34 HVである (Samsonov G. V.: Handbook of the Physiochemical Properties of the Elements, IFI/Plenum New York 1968, 303)。

【0030】

従って、明るい領域では銅が大切で、カーバイドあるいは銅と鉄の合金あるいは鉄とモリブデンの金属間化合物相は大切でないことが確実である。孔およびマルテンサイトの多さに関しては、何れにしても疑問はない。核のマルテンサイトの領域は丁度400 HV0.01の硬度を有する。マクロ硬度HV10は372と測定された。これ等の硬度値は核で測定された。

【0031】

定量的な立体 (ステレオ) 測定 (点分析 Underwood E.E.: Quantitative Sterology, Addison-Wesley (1970)) によって、溶解しなかった銅の体積を測定した。7.8体積%の銅体積であった。化学分析した銅の含有量は7.4重量%と測定された。銅の密度は鉄の密度より幾分大きいので、ステレオ分析から重量的により大きい成分が生じる。常時見られる測定誤差の範囲内で、両方の分析によるこれ等の結果は等しいと見做すべきである。このことは、銅が完全に溶解していて、母材は完全に銅がないと思える。

【0032】

孔の体積も同じ様に立体的に、また重量測定法によって測定された。合金 Fe/1.5Mo/10Cu/0.8は、僅かな孔の体積の外に元素状の銅と、僅かな銅しか溶けていないマルテンサイトとで構成されている。表面にある孔は潤滑を幾分改善するが、銅の成分は緊急特性を改善する固体潤滑材として使用される。このマルテンサイトは研磨摩耗に対する抵抗となる。

【0033】

合金化された粉末を使用すると、加圧力が低下し、工具の摩耗も素材を形成する時、低減し、僅かに異なる合金含有量も調節できる。混合合金にした粉末を使用することもできる。その場合、銅とモリブデンの拡散特性を考慮して、重大な他の組織が形成することを排除すべきでない。何故なら、銅は鉄に部分的に溶解するので、組織中の自由元素銅の成分が急激に低下するからである。

【0034】

この発明による提案によって達成される結果は、当業者にとっても驚くほどである。従来の経験によれば、合金中に含まれる銅の大部分は、比較的短い焼結時間と低い焼結温度でも溶解している筈である。基礎的な仕事で、Bockstiegel は 1150°C での溶解工程は既に 30 分以内で完全に完了しえいることを示している (Bockstiegel G.: Erscheinungsbild und Ursachen von Volumenänderungen beim Sintern von Presslingen aus Eisen-Kupfer und Eisen-Kupfer-Graphit-Pulvermischungen, Stahl und Eisen 79, 3(1969) 1187 - 1201)。Bockstiegel は報告 (Hansen M.: Constitution of Binary Alloys, Mc Graw-Hill New York 1958, 590) と同じで 7.5% の溶解度を与えている。従って、銅含有量が 10 % の場合、充分焼結した後でも未だ 2.5% の溶解していない銅がある。しかし、合金を定量的に分析すると、全部の銅が実際には母材に溶解していないことを示している。

【0035】

これにはモリブデンのみが関与している。銅のモリブデンへの非溶解性 (Hansen M.: Constitution of Binary Alloys, Mc Graw-Hill New York 1958, 600) は、モリブデンが銅の鉄への溶解度を急激に低下させることを推測させる。

【0036】

Fe-Mo の相図を調べると、2.6 重量% (1.5 容量%) の Mo の場合、 1100°C の領域で、 γ 鉄から α 鉄に移行する。モリブデンは非常に強い α 除去材である。つまり、鋼は専ら k_{rz} 組織である。

【0037】

しかし、銅の鉄への溶解度は k_{fz} の γ 相よりも α 相で大幅に低い。 γ 鉄には 7.5 重量% の銅が溶解するが、 α 相への最大溶解度は 1.4 重量% に過ぎない。

Hansen M.: Constitution of Binary Alloys, Mc Graw-Hill New York 1958, 590)。α相がモリブデン（1.5重量%）で大幅に安定化することから、銅の拡散が強く防止される。しかし、Fe-Mo中で銅が完全に不溶解であることは明らかでない。Fe-1%Moの系では、銅の拡散係数が測定されている（N.N.: Diffusion Data 4 (1970) 424）。この測定から、少なくともこの低モリブデン濃度の場合、銅に対する有限の溶解度があることを確認できる。

【0038】

これ等の研究結果は、モリブデンの含有量を適当な程度に選択することを指摘している。0.5%の含有量は、銅の溶解度をここに測定した程度に低下させるには明らかに充分でない。それ故、0.5%はまともな下限と見做せる。

【0039】

上限は、経済的な配慮から設定される。それ故、Moの含有量は約16%に限定される。16重量%では、焼結温度（1120°C）のときα領域を離れ、合金の特性を変えることになる。それ故、この限界を上限と見做せる。

【0040】

銅の含有量は必要な緊急特性を保證するように選択すべきである。下限は約1%に設定できる。何故なら、それ以下では固体潤滑材としての銅の作用が未だ充分でないからである。上限としては、支持表面が未だ充分広いことを保證するため、組織の大部分が硬質マルテンサイト母材の形状になっている値に選択すべきである。この場合、上限は20%の程度になる。

【0041】

この発明による合金は粉末冶金的にのみ製造できる。マルテンサイト母材と元素の銅からなる特殊な組織は焼結工程によって直接作製される。その場合、Fe-Moへの銅の非常に低い溶解度を利用している。従って、銅の成分は實際上固体潤滑材として完全に利用され、銅合金の材料の場合、スウェリング（膨らみ）に通ずることもない。混合または拡散合金の粉末を使用する場合に匹敵する組織が生じることが推測される。

【0042】

従来の技術が示すように、種々の金属が焼結材料の固体潤滑材として知られて

いる。しかし、カムと相手の部材の系に対する問題として銅を利用することは新規である。固体潤滑材、例えば鉛を母材に含浸させて導入する幾つかの方法に比べて、この発明による合金の利点は、銅を初めから材料に含ませている点にある。銅を低密度の成形品に含浸させることによって拡散させることもできる。更に、一様な銅の分布と一定の銅含有量を保証できる。従って、含浸させる場合、体積比と分布を開口した孔の分布と大きさによって予め指定できる。このことは、粉末混合での銅の量と分布に非常に困難な影響を及ぼすので、製造の信頼性がここに提唱する系で向上する。

【0043】

モリブデンは、銅が母材に溶解するのを非常に効果的に防止するので、銅を固体潤滑材として利用できる。固体潤滑材を導入することによって、カムと相手の部材の系での摩耗の主問題、付着が成功裏に解決される。有効な二次効果として、モリブデンは銅合金の材料の場合以外で見られるスウェリングを防止する。従って、作業精度が高まり、機械特性を改善する。

【0044】

この発明の利点は、特に予め合金にした粉末を使用することによってもたらされる。即ち、他と同等な組織が造り出していると考えられる。即ち、混合合金にした Fe-C-Mo粉末を、先ず焼結で固化して均一にする。非常に僅かな基本密度を選択して、組織に開口した孔を残す。銅を含浸させてこれ等の孔を塞ぐ。こうして、比較できる程度の組織が作製できる。その場合、この方法の実施態様でも予め合金にした粉末から出発できる。

【0045】

カムの摩耗特性に関する限り、上に述べた考察は摩耗を受ける他の成形品、例えばスリップレバー、ロッキングレバー等、即ち摺動摩耗に耐える成形部品にも重要である。

【0046】

【発明の効果】

この発明による成形部品の製造方法によれば、粉末冶金法により焼結された合金はモリブデンにより銅の母材への溶解を阻止し、多孔質な孔に遊離した銅が効

果的に潤滑に作用する。この固体物質による潤滑が摩耗特性を改善し、カムの緊急特性を一層改善する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明による製造方法で作製されたカムの 200倍に拡大した研磨面の写真である。

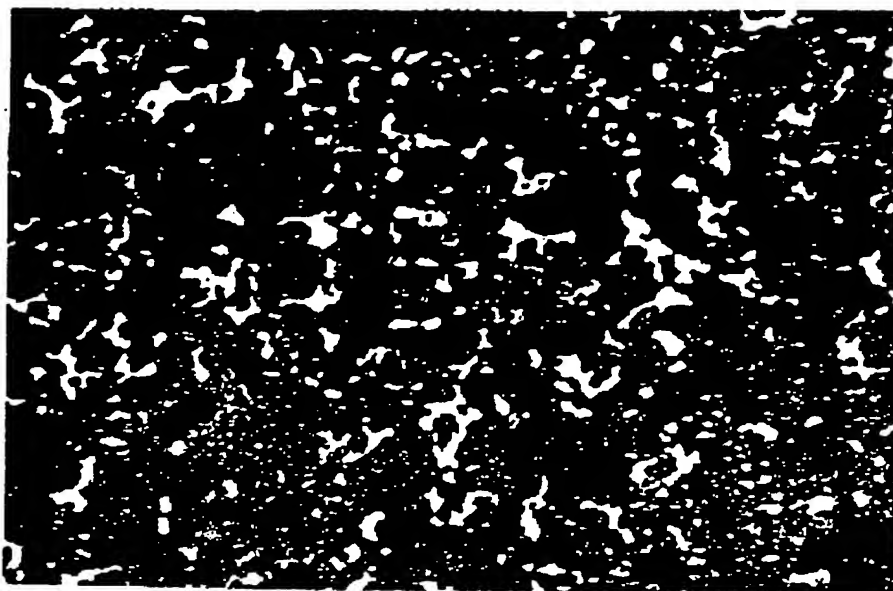
【図2】

この発明による製造方法で作製されたカムの 500倍に拡大した研磨面の写真である。

【書類名】

図面

【図 1】



【図 2】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.